

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 803 198**

51 Int. Cl.:

**H02M 7/00** (2006.01)

**H02M 7/68** (2006.01)

**H02M 7/757** (2006.01)

**H02J 3/36** (2006.01)

**H02M 1/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.09.2016 PCT/EP2016/070637**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.03.2018 WO18041357**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2016 E 16763230 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020 EP 3485563**

54 Título: **Disposición de convertidor así como procedimiento para su funcionamiento**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la  
traducción de la patente:  
**25.01.2021**

73 Titular/es:

**SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO. KG  
(100.0%)  
Otto-Hahn-Ring 6  
81739 München, DE**

72 Inventor/es:

**HOFMANN, VIKTOR;  
BAKRAN, MARK-MATTHIAS y  
SCHÖN, ANDRE**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 803 198 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Disposición de convertidor así como procedimiento para su funcionamiento

La invención se refiere a un procedimiento para controlar una disposición de convertidor así como a una disposición de convertidor que puede hacerse funcionar de manera correspondiente.

5 El documento "*Modular Multilevel Converter: An universal concept for HVDC-Networks and extended DC-Bus-applications*" (R. Marquardt, The 2010 International Power Electronics Conference, páginas 502 a 507) da a conocer un procedimiento para hacer funcionar una disposición de convertidor. La disposición de convertidor conocida previamente presenta circuitos en serie cuyas tomas externas forman las tomas de tensión continua de la disposición de convertidor. Los circuitos en serie comprenden en cada caso dos circuitos parciales conectados en serie, cuyos puntos de conexión eléctrica forman en cada caso una toma de tensión alterna de la disposición de convertidor. Los circuitos parciales presentan en cada caso al menos dos módulos parciales conectados en serie con en cada caso al menos dos conmutadores y un condensador. El control de la disposición de convertidor se realiza mediante control de los módulos parciales.

10 Otros procedimientos para el control y disposición de convertidores se dan a conocer en los documentos WO 2012/013245 A1, WO 2005/041300 A1 y en el documento "*Voltage balancing control of a novel modular multilevel converter*" (Lanhua Zhang, et al., ELECTRIC UTILITY DEREGULATION AND RESTRUCTURING AND POWER TECHNOLOGIES (DRPT), 2011 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE).

15 La invención se basa en el objetivo de indicar un procedimiento para controlar una disposición de convertidor en el que, para el caso de que estén disponibles más módulos parciales de los que son necesarios actualmente para conmutar las tensiones necesarias en cada caso, se realiza una selección especialmente adecuada de aquellos módulos parciales o aquellos condensadores que deben conectarse o permanecer conectados por medio de los conmutadores propios de cada módulo parcial.

20 Este objetivo se resuelve según la invención mediante un procedimiento con las características de acuerdo con la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se indican configuraciones ventajosas del procedimiento de acuerdo con la invención.

25 Según esto, de acuerdo con la invención está previsto que en al menos uno de los circuitos parciales al menos se haga funcionar un condensador exclusivamente unipolar y se haga funcionar al menos un condensador bipolar, en donde en un intervalo de tiempo en el que el promedio temporal de la corriente a través del circuito parcial presenta otro signo diferente a la corriente actual en cada caso a través del circuito parcial, el o los condensadores de funcionamiento unipolar se prefieren frente a o los condensadores de funcionamiento bipolar, en concreto se conectan preferiblemente o permanecen conectados preferiblemente.

30 Por una conexión de un condensador ha de entenderse que este se conecta eléctricamente por medio de los conmutadores de su módulo interno en el circuito en serie o se conecta a este adicionalmente, de modo que a continuación influye en la tensión en el circuito en serie dependiendo de su tensión de condensador. Por una desconexión del condensador ha de entenderse que este por medio de los conmutadores de su módulo interno se separa eléctricamente del circuito en serie.

35 Una ventaja esencial del procedimiento de acuerdo con la invención puede verse en que este permite un funcionamiento con una utilización uniforme, y con ello, carga eléctrica y térmica similar de todos los módulos parciales por ejemplo también para el caso de que la disposición se haga funcionar con un índice de modulación mayor de 1 y en los módulos parciales estén presentes condensadores que deben o pueden hacerse funcionar solo de manera unipolar, así como aquellos que se hacen funcionar de manera bipolar. Mediante la preferencia de acuerdo con la invención de los condensadores de funcionamiento unipolar frente a los condensadores de funcionamiento bipolar de que los condensadores de funcionamiento unipolar solo participan con escasa representación en el funcionamiento y los condensadores de funcionamiento bipolar se cargan por encima del promedio. El promedio en el tiempo de la corriente mediante los módulos parciales por regla general no es cero, sino que se desvía, de modo que los periodos de flujo de corriente positivo y flujo de corriente negativo no tienen la misma duración. Por ejemplo, en el caso de un índice de modulación mayor de 1 los condensadores de funcionamiento unipolar con una polaridad, que es opuesta a la dirección principal de corriente, visto en el desarrollo temporal, son limitados en cuanto a la energía y solo pueden cargarse o descargarse en intervalos de tiempo relativamente cortos, concretamente en cada caso cuando el promedio temporal de la corriente a través del circuito parcial presenta otro signo diferente a la corriente actual en cada caso a través del circuito parcial. Mediante la preferencia de los condensadores de funcionamiento unipolar o de los módulos parciales con los condensadores de funcionamiento unipolar en los intervalos de tiempo, en los que estos están limitados en cuanto a la energía, con respecto a los condensadores de funcionamiento bipolar o los módulos parciales con los condensadores de funcionamiento bipolar el problema esbozado disminuye notablemente.

40 Como ya se ha indicado anteriormente, es especialmente ventajoso cuando el procedimiento descrito, es decir la preferencia de los condensadores de funcionamiento unipolar frente a los condensadores de funcionamiento bipolar, se lleva a cabo cuando el circuito parcial se hace funcionar con un índice de modulación mayor de 1.

El índice de modulación resulta del cociente entre la amplitud doble o el valor de cresta doble de la tensión alterna en el lado de tensión alterna de la disposición de convertidor y la tensión continua en el lado de tensión continua de la disposición de convertidor. El índice de modulación por tanto se calcula según:

$$M = 2 \hat{U}_L / U_{dc}$$

5 en donde M designa el índice de modulación y  $U_{dc}$  la tensión continua entre las tomas de tensión continua de la disposición de convertidor.  $\hat{U}_L$  designa el valor de cresta o la amplitud de la tensión entre la o las tomas de tensión alterna y el centro de potencial en el lado de tensión continua. El centro de potencial corresponde al potencial medio entre las tomas de tensión continua.

10 El control del circuito parcial se realiza preferiblemente en un bucle de selección que se recorre reiteradamente de forma consecutiva en el tiempo o se atraviesa reiteradamente, en donde en cada recorrido de bucle de selección se determina en cada caso si para el ajuste de una tensión nominal de circuito parcial especificada deben conectarse adicionalmente o desconectarse condensadores.

15 En el bucle de selección se prueba preferiblemente si este se atraviesa en el intervalo de tiempo mencionado —es decir en el intervalo de tiempo, en el que el promedio temporal de la corriente a través del circuito parcial presenta otro signo diferente a la corriente actual en cada caso a través del circuito parcial:

20 Si este es el caso los condensadores de funcionamiento unipolar se prefieren frente a los condensadores de funcionamiento bipolar en el bucle de selección preferiblemente, en concreto en particular se conectan preferiblemente o preferiblemente se dejan conectados; en caso contrario los condensadores de funcionamiento unipolar y aquellos condensadores de funcionamiento bipolar que se hacen funcionar con la misma polaridad que los condensadores de funcionamiento unipolar, se tratan igual en el bucle de selección, en particular únicamente en cuanto a sus tensiones de condensador se conectan, se dejan conectados o se desconectan.

25 Es ventajoso cuando en el bucle de selección inicialmente se crea una lista de clasificación con una priorización de los condensadores, mediante la priorización en la lista de clasificación se determinan los condensadores que van a desconectarse o conectarse adicionalmente para conseguir la tensión nominal de circuito parcial especificada y la desconexión o conexión adicional de los condensadores se realiza de acuerdo con el resultado de determinación de la etapa de determinación.

30 En el caso de que en el intervalo de tiempo mencionado la tensión de circuito parcial actual sobrepase la tensión nominal de circuito parcial especificada, preferiblemente todos los condensadores de funcionamiento bipolar conectados se incluyen en la lista de clasificación como condensadores que van a desconectarse con mayor prioridad que los condensadores de funcionamiento unipolar conectados, en donde en la lista de clasificación el orden de los condensadores de funcionamiento bipolar entre sí se clasifica de acuerdo con su tensión de condensador y el orden de los condensadores de funcionamiento unipolar entre sí igualmente de acuerdo con su tensión de condensador. La  
35 selección definitiva de los condensadores que van a desconectarse se realiza preferiblemente de acuerdo con el orden en la lista de clasificación —es decir comenzando con los condensadores de funcionamiento bipolar y solo a continuación con los condensadores de funcionamiento unipolar—, hasta que la suma de las tensiones de condensador del resto de los condensadores corresponda a la tensión nominal de circuito parcial especificada, o al menos se corresponda hasta un error residual especificado, o no lo alcance.

40 En el caso de que en el intervalo de tiempo mencionado la tensión de circuito parcial actual no alcance la tensión nominal de circuito parcial especificada, preferiblemente todos los condensadores de funcionamiento unipolar desconectados se incluyen como condensadores que van a conectarse con mayor prioridad en la lista de clasificación que los condensadores de funcionamiento bipolar desconectados, en donde el orden de los condensadores de funcionamiento unipolar entre sí de acuerdo con su tensión de condensador y el orden de los condensadores de  
45 funcionamiento bipolar entre sí igualmente se clasifica de acuerdo con su tensión de condensador. La selección definitiva de los condensadores que van a conectarse se realiza preferiblemente de acuerdo con el orden en la lista de clasificación, —es decir comenzando con los condensadores de funcionamiento unipolar y solo a continuación con los condensadores de funcionamiento bipolar, hasta que la suma de las tensiones de condensador de los condensadores seleccionados corresponda la tensión nominal de circuito parcial especificada, o al menos corresponda hasta un error residual especificado o sobrepase este.

50 Se considera especialmente ventajoso cuando la selección de los condensadores de funcionamiento bipolar que van a desconectarse se realiza de acuerdo con sus tensiones de condensador, en donde la dirección de selección, es decir si se seleccionan primeramente condensadores bipolares con tensión de condensador mayor con respecto a los de con tensión de condensador menor, se fija dependiendo de la dirección de flujo de potencia de la disposición de convertidor, dependiendo de la dirección de corriente a través del circuito parcial y dependiendo de si la tensión de circuito parcial  
55 actual supera o no alcanza la tensión nominal de circuito parcial especificada.

- La selección de los condensadores de funcionamiento unipolar que van a desconectarse se realiza preferiblemente asimismo según sus tensiones de condensador, en donde se fija la dirección de selección, es decir si se seleccionan primeramente condensadores unipolares con mayor tensión de condensador con respecto a los de con tensión de condensador menor, dependiendo de la dirección de flujo de potencia de la disposición de convertidor, dependiendo de la dirección de corriente a través del circuito parcial y dependiendo de si la tensión de circuito parcial actual sobrepasa o no alcanza la tensión nominal especificada de circuito parcial.
- En el bucle de selección se forma preferiblemente en cada caso un grupo de condensador ficticio que se compone de los condensadores de funcionamiento unipolar y bipolar conectados, así como de un número máximo especificado de forma fija de condensadores que van a seleccionarse, pero de funcionamiento unipolar todavía desconectados. Las tensiones de condensador del grupo de condensador ficticio se añaden preferiblemente formando un valor de tensión ficticio.
- El valor de tensión ficticio se considera preferiblemente como tensión de circuito parcial actual y se utiliza como la tensión de circuito parcial actual para la comparación ya explicada anteriormente con la tensión nominal de circuito parcial. La comparación se realiza por consiguiente en esta variante no mediante la suma de las tensiones de condensador de los condensadores del circuito parcial conectados, sino mediante la suma ficticia de las tensiones de condensador de los condensadores del grupo de condensador, aunque este también comprende condensadores "todavía" desconectados.
- La selección de los condensadores que van a seleccionarse, pero todavía desconectados de funcionamiento unipolar a partir del grupo global de los condensadores desconectados de funcionamiento unipolar se realiza preferiblemente de acuerdo con sus tensiones de condensador.
- El grupo de condensador ficticio se forma preferiblemente con aquellos condensadores unipolares desconectados que en el caso de una dirección de flujo de potencia de la disposición de convertidor en la dirección de las tomas de tensión continua presentan las tensiones de condensador más pequeñas y en el caso de una dirección de flujo de potencia de la disposición de convertidor en la dirección de la o de las tomas de tensión alterna presentan las tensiones de condensador mayores.
- En la creación de la lista de clasificación se incluirán preferiblemente todos los condensadores del grupo de condensador ficticio en la lista de clasificación, en donde los condensadores de funcionamiento unipolar seleccionados, pero físicamente todavía desconectados en la lista de clasificación se tratan como condensadores de funcionamiento unipolar conectados, es decir igual que los condensadores de funcionamiento unipolar físicamente conectados.
- Además es ventajoso, cuando en el bucle de selección en una etapa de determinación mediante la clasificación de la lista de clasificación se determinan adicionalmente los condensadores que van a desconectarse y a conectarse para alcanzar la tensión nominal de circuito parcial especificada y en una etapa de conversión la desconexión o conexión adicional de los condensadores se realiza de acuerdo con el resultado de determinación de la etapa de determinación, en donde los condensadores de funcionamiento unipolar seleccionados, pero físicamente todavía desconectados permanecen desconectados si de acuerdo con el resultado de determinación tuvieran que desconectarse y se conectan si de acuerdo con el resultado de determinación debieran permanecer conectados.
- Todos los condensadores de funcionamiento unipolar del circuito parcial se hacen funcionar preferiblemente con la misma polaridad.
- La invención se refiere además a una disposición de convertidor que presenta al menos una toma de tensión alterna en la que puede alimentarse o extraerse una corriente alterna, y al menos dos tomas de tensión continua, en las que puede alimentarse o extraerse una corriente continua, en donde la disposición de convertidor comprende al menos un circuito en serie cuyas tomas externas forman las tomas de tensión continua de la disposición de convertidor, el circuito en serie comprende dos circuitos parciales conectados en serie, cuyo punto de conexión eléctrica forma la o una de las tomas de tensión alterna de la disposición de convertidor, y los circuitos parciales en cada caso comprenden al menos dos módulos parciales conectados en serie que en cada caso presentan al menos dos conmutadores y un condensador, y en donde la disposición de convertidor presenta un equipo de control para el control de los módulos parciales.
- De acuerdo con la invención está previsto que el equipo de control esté diseñado de tal modo que puede controlar los módulos parciales, en particular sus conmutadores que conectan o desconectan el condensador respectivo, de acuerdo con un procedimiento como ya se ha explicado.
- Con respecto a las ventajas de la disposición de convertidor de acuerdo con la invención se remite a las realizaciones anteriores.
- El equipo de control presenta preferiblemente un equipo de cálculo así como una memoria. En la memoria está almacenado preferiblemente un módulo de programa de control que determina el modo de trabajo del equipo de cálculo, y concretamente de tal modo que el equipo de cálculo en la realización del módulo de programa de control puede llevar a cabo un procedimiento de control como se ha explicado anteriormente.

La invención se explica con detalle a continuación mediante ejemplos de realización; a este respecto muestran a modo de ejemplo

- la figura 1 un ejemplo de realización para una disposición de convertidor de acuerdo con la invención,
- 5 la figura 2 un ejemplo de realización para un módulo parcial que puede utilizarse para la formación de circuitos parciales en la disposición de convertidor de acuerdo con la figura 1,
- la figura 3 un ejemplo de realización adicional para un módulo parcial, que puede utilizarse para la formación de circuitos parciales en la disposición de convertidor de acuerdo con la figura 1,
- la figura 4 a modo de ejemplo la evolución de tensión y corriente en o a través de uno de los circuitos parciales de la disposición de convertidor de acuerdo con la figura 1 y
- 10 la figura 5 a modo de ejemplo un procedimiento de funcionamiento posible para controlar la disposición de convertidor de acuerdo con la figura 1.

En las figuras para una mayor claridad se emplean siempre las mismas referencias para componentes idénticos o comparables.

- 15 La figura 1 muestra una disposición 10 de convertidor que presenta tres conexiones L1, L2 y L3 de tensión alterna, en las cuales en cada caso una corriente alterna puede alimentarse en la disposición 10 de convertidor o extraerse de esta. Dos tomas de tensión continua en las cuales puede alimentarse una corriente continua  $I_{dc}$  en la disposición 10 de convertidor o extraerse de esta, en la figura 1 está señaladas con la referencia L+ y L-. La tensión continua en las tomas de tensión continua L+ y L- lleva el número de referencia Udc.

- 20 La disposición 10 de convertidor presenta tres circuitos en serie R1, R2 y R3, cuyas tomas externas forman las tomas de tensión continua L+ y L- de la disposición 10 de convertidor. Los circuitos en serie R1, R2 y R3 comprenden en cada caso dos circuitos parciales TS conectados en serie.

Cada uno de los circuitos parciales TS presenta en cada caso al menos dos módulos parciales SM conectados en serie que comprenden en cada caso al menos dos conmutadores y un condensador. A continuación a modo de ejemplo se explican ejemplos de realización para módulos parciales SM adecuados en relación con las figuras 2 y 3.

- 25 La disposición 10 de convertidor presenta un equipo 20 de control que es adecuado para el control de los módulos parciales SM y con ello para el control de los circuitos parciales TS. El equipo 20 de control presenta para este motivo un equipo 21 de cálculo, así como una memoria 22. En la memoria 22 está almacenado un módulo SPM de programa de control que determina el modo de trabajo del equipo 21 de cálculo.

- 30 Cada uno de los circuitos parciales TS de los tres circuitos en serie R1, R2 y R3 presenta en cada caso al menos un condensador que se hace funcionar exclusivamente de manera unipolar o puede hacerse funcionar de manera exclusivamente unipolar, y al menos un condensador que se hace funcionar de forma bipolar.

- 35 Un posible procedimiento de funcionamiento para la disposición 10 de convertidor se explica en detalle más abajo en relación con la figura 5. En cuanto a las polaridades en relación con la figura 5 se parte del hecho de que los condensadores de funcionamiento unipolar se hacen funcionar con una tensión positiva a lo largo de la dirección de flecha de la tensión U en la figura 1. La dirección de corriente de la corriente a través de los circuitos parciales TS se considera positiva cuando esta fluye a lo largo de la dirección de flecha de la corriente I en la figura 1. La dirección de flujo de potencia se considera positiva cuando la potencia fluye desde el lado de tensión continua hacia el lado de tensión alterna de la disposición 10 de convertidor.

- 40 La figura 2 muestra un ejemplo de realización para un módulo parcial SM que comprende dos conmutadores S, dos diodos D así como un condensador C. Los componentes mencionados forman un circuito de medio puente que mediante control de los conmutadores S –por parte del equipo 20 de control de acuerdo con la figura 1– permite un funcionamiento únicamente o exclusivamente unipolar del condensador C. Al menos uno de los módulos parciales SM de cada uno de los circuitos parciales TS de acuerdo con la figura 1 está diseñado preferiblemente del modo que se representa en la figura 2.

- 45 La figura 3 muestra un ejemplo de realización para un módulo parcial SM, que comprende cuatro conmutadores S, cuatro diodos D así como un condensador C. Los componentes mencionados forman un circuito de puente integral que mediante control de los conmutadores S –por parte del equipo 20 de control de acuerdo con la figura 1– permite un funcionamiento bipolar del condensador C. Al menos uno de los módulos parciales SM de cada uno de los circuitos parciales TS de la disposición 10 de convertidor de acuerdo con la figura 1 está diseñado preferiblemente del modo que se muestra en la figura 3.
- 50

La figura 4 muestra un funcionamiento posible de la disposición 10 de convertidor de acuerdo con la figura 1 en la que el índice de modulación es mayor de 1. El índice de modulación M es mayor de 1, cuando se cumple:

$$M = 2 \hat{U}_L / U_{dc} > 1$$

en donde M designa el índice de modulación y U<sub>dc</sub> designa la tensión continua entre las tomas de tensión continua de la disposición de convertidor.  $\hat{U}_L$  designa el valor de cresta o la amplitud de la tensión entre las tomas L1, L2 o L3 de tensión alterna y el centro de potencial en el lado de tensión continua. El centro de potencial en el lado de tensión continua corresponde al potencial medio entre las tomas L+ y L- de tensión continua y por consiguiente al potencial en la toma de tensión continua L+ desplazado un -U<sub>dc</sub>/2 o al potencial en la toma de tensión continua L- desplazado un +U<sub>dc</sub>/2.

La figura 4 muestra a modo de ejemplo la evolución de la tensión U en cada uno de los circuitos parciales TS de acuerdo con la figura 1 y la corriente I a través de este circuito parcial TS, en cada caso normalizada en la tensión U<sub>dc</sub> y la corriente I<sub>dc</sub>. Puede distinguirse en la figura 4 que hay un intervalo ZB de tiempo periódicamente recurrente en el que el promedio temporal MW de la corriente I a través del circuito parcial TS presenta otro signo diferente a la corriente I actual en cada caso a través del circuito parcial.

En los intervalos ZB de tiempo los condensadores de funcionamiento unipolar se tratan de forma preferente frente a los condensadores de funcionamiento bipolar preferiblemente, en concreto se conectan preferiblemente en el caso de que estuvieran desconectados previamente, o preferiblemente se dejan conectados, si estaban conectados en el momento respectivo. La conexión o desconexión de los condensadores se realiza por medio de los conmutadores S de los módulos parciales SM respectivos de acuerdo con las figuras 2 y 3.

En relación con la figura 5 se explica a continuación con más detalle un procedimiento de funcionamiento preferido para el control de la disposición 10 de convertidor de acuerdo con la figura 1:

El control de la disposición 10 de convertidor de acuerdo con la figura 1 se realiza preferiblemente en un bucle 100 de selección que se recorre consecutivamente de manera repetida.

El bucle 100 de selección comprende una etapa 110 de formación de grupo, en la que se forma un grupo KG de condensador ficticio que se compone de los condensadores de funcionamiento unipolar conectados en cada caso y lo de funcionamiento bipolar conectados en cada caso, así como de un número máximo especificado de manera fija de condensadores de funcionamiento unipolar que van a seleccionarse, pero todavía desconectados.

La selección de los condensadores de funcionamiento unipolar que van a seleccionarse, pero todavía desconectados del grupo global de los condensadores de funcionamiento unipolar desconectados se realiza preferiblemente dependiendo de su tensión de condensador respectiva como sigue:

En el caso de una dirección de flujo de potencia de la disposición 10 de convertidor de acuerdo con la figura 1 en la dirección de las tomas L+ y L- de tensión continua se incluyen preferiblemente aquellos condensadores unipolares desconectados en el grupo de condensador ficticio KG que presentan las tensiones de condensador más pequeñas.

En el caso de una dirección de flujo de potencia de la disposición 10 de convertidor en la dirección de la o de las tomas L1, L2 y L3 de tensión alterna el grupo KG de condensador ficticio se forma preferiblemente con aquellos condensadores unipolares desconectados que presentan las tensiones de condensador mayores.

En una etapa 120 de comparación de tensión siguiente se añaden las tensiones de condensador de los condensadores del grupo de condensador ficticio KG formando un valor U<sub>f</sub> de tensión ficticio para el que se supone a continuación que representa la tensión de circuito parcial U actual en el circuito parcial TS lo que, debido a los condensadores de funcionamiento unipolar adicionalmente seleccionados, pero en realidad todavía desconectados naturalmente no es el caso y en este caso por tanto solo se supone para llevar a cabo el procedimiento a continuación de este modo.

El valor U<sub>f</sub> de tensión ficticio se compara en el marco de la etapa 120 de comparación de tensión con una tensión nominal U<sub>soll</sub> de circuito parcial especificada para el circuito parcial TS. En el caso de que el valor U<sub>f</sub> de tensión ficticio corresponda a la tensión nominal U<sub>soll</sub> de circuito parcial especificada, todos los condensadores del grupo de condensador ficticio KG se conectan o se dejan conectados, y se retorna a la etapa 110 de formación de grupo.

En el caso de que el valor U<sub>f</sub> de tensión ficticio se desvíe del valor de tensión nominal de circuito parcial especificado se pasa a una etapa 130 de prueba de tratamiento especial.

En la etapa 130 de prueba de tratamiento especial se prueba si la disposición 10 de convertidor de acuerdo con la figura 1 se hace funcionar con un índice M de modulación mayor de 1. Si este es el caso se prueba si el control se realiza en el intervalo ZB de tiempo que está marcado en la figura 4, es decir en el intervalo de tiempo, en el que el promedio temporal MW de la corriente I a través del circuito parcial TS presenta otro signo diferente a la corriente actual I en cada caso a través del circuito parcial.

Si en la etapa 130 de prueba de tratamiento especial se constata que el control se realiza en el intervalo ZB de tiempo, entonces el control adicional se realiza a través de una ruta 200 de tratamiento especial. En otro caso el control adicional de la disposición 10 de convertidor se realiza de acuerdo con una ruta 300 de tratamiento normal.

En la ruta 200 de tratamiento especial inicialmente en el marco de una etapa 210 de lista de clasificación se genera una lista L de clasificación en la que se enumeran los condensadores del grupo KG de condensador ficticio con una priorización. La creación de listas se realiza a este respecto en grupos, en donde se incluyen condensadores de funcionamiento bipolar y condensadores de funcionamiento unipolar en grupos secundarios separados. La formación de los grupos secundarios y la formación de la priorización se realiza a este respecto preferiblemente como sigue:

En el caso de que en el intervalo ZB de tiempo el valor  $U_f$  de tensión ficticio sobrepase la tensión nominal  $U_{oll}$  de circuito parcial especificada se incluyen en la lista de clasificación todos los condensadores de funcionamiento bipolar conectados como condensadores que van a desconectarse con mayor prioridad que los condensadores de funcionamiento unipolar conectados, en donde en la lista de clasificación el orden de los condensadores de funcionamiento bipolar entre sí se clasifica de acuerdo con su tensión de condensador y el orden de los condensadores de funcionamiento unipolar entre sí se clasifica igualmente de acuerdo con su tensión de condensador

En el caso de que en el intervalo de tiempo mencionado el valor  $U_f$  de tensión ficticio no alcance la tensión nominal de circuito parcial especificada, en la lista de clasificación se incluyen todos los condensadores de funcionamiento unipolar desconectados como condensadores que van a conectarse con mayor prioridad que los condensadores de funcionamiento bipolar desconectados, en donde el orden de los condensadores de funcionamiento unipolar entre sí se clasifica de acuerdo con su tensión de condensador y el orden de los condensadores de funcionamiento bipolar entre sí se clasifica igualmente de acuerdo con su tensión de condensador

La clasificación de los condensadores de funcionamiento unipolar y bipolar se realiza en su subgrupo respectivo en cada caso preferiblemente en dirección ascendente hacia tensiones de condensador mayores,

- cuando la dirección de flujo de potencia en positivo, la dirección de corriente en negativo y la tensión de circuito parcial actual (o el valor  $U_f$  de tensión ficticio) sobrepasa la tensión nominal  $U_{oll}$  especificada de circuito parcial y

- cuando la dirección de flujo de potencia en negativo, la dirección de corriente en positivo y la tensión de circuito parcial actual (o el valor  $U_f$  de tensión ficticio) no alcanza la tensión nominal  $U_{oll}$  especificada de circuito parcial.

En caso contrario la clasificación se realiza en la dirección inversa.

En una etapa 220 de determinación siguiente se constata qué condensadores de la lista L de clasificación deben conectarse, deben permanecer conectados, deben desconectarse o deben permanecer desconectados. La selección de los condensadores de la lista L de clasificación se realiza a este respecto como sigue:

En el caso de que en el intervalo ZB de tiempo mencionado la tensión de circuito parcial actual (o el valor  $U_f$  de tensión ficticio) sobrepase la tensión nominal  $U_{oll}$  de circuito parcial especificada, la selección definitiva de los condensadores que van a desconectarse se realiza de acuerdo con el orden en la lista de clasificación –es decir comenzando con los condensadores de funcionamiento bipolar y solo a continuación con los condensadores de funcionamiento unipolar–, hasta que la suma de las tensiones de condensador del resto de los condensadores corresponda a la tensión nominal  $U_{oll}$  de circuito parcial especificada, o corresponda al menos hasta un error residual especificado, o no lo alcance.

En el caso de que en el intervalo ZB de tiempo mencionado la tensión de circuito parcial actual (o el valor de tensión ficticio  $U_f$ ) no alcance la tensión nominal  $U_{oll}$  de circuito parcial especificada, la selección definitiva de los condensadores que van a conectarse se realiza de acuerdo con el orden en la lista de clasificación –es decir, comenzando con los condensadores de funcionamiento unipolar y solo a continuación con los condensadores de funcionamiento bipolar–, hasta que la suma de las tensiones de condensador de los condensadores seleccionados corresponda a la tensión nominal  $U_{oll}$  de circuito parcial especificada, o al menos corresponda hasta un error residual especificado, o lo sobrepase.

La selección de los condensadores de funcionamiento unipolar y bipolar dentro del subgrupo respectivo se realiza por tanto preferiblemente a lo largo del orden de clasificación preferido explicado anteriormente de la lista L de clasificación o en otras palabras en dirección ascendente hacia tensiones de condensador mayores,

- cuando la dirección de flujo de potencia en positivo, la dirección de corriente en negativo y la tensión de circuito parcial actual (o el valor de tensión ficticio  $U_f$ ) sobrepasa la tensión nominal  $U_{oll}$  especificada de circuito parcial y

- cuando la dirección de flujo de potencia en negativo, la dirección de corriente en positivo y la tensión de circuito parcial actual (o el valor de tensión ficticio  $U_f$ ) no alcanza la tensión nominal  $U_{oll}$  de circuito parcial especificada.

En caso contrario la selección se realiza en dirección inversa, es decir en dirección descendente hacia tensiones de condensador más pequeñas.

Con vistas a las polaridades o direcciones se parte en este caso a modo de ejemplo del hecho de que las tensiones positivas son aquellas a lo largo de la dirección de flecha de la tensión U en la figura 1. La dirección de corriente de la corriente a través de los circuitos parciales TS se considera positiva, cuando esta fluye a lo largo de la dirección de flecha de la corriente I en la figura 1. La dirección de flujo de potencia se considera positiva cuando la potencia fluye del lado de tensión continua hacia el lado de tensión alterna de la disposición de convertidor 10.

En una etapa 230 de conversión siguiente la desconexión o conexión adicional de los condensadores se realiza de acuerdo con el resultado de determinación de la etapa 220 de determinación. A este respecto los condensadores de funcionamiento unipolar seleccionados, pero físicamente todavía desconectados permanecen desconectados si tuvieran que desconectarse de acuerdo con el resultado de determinación y se conectan cuando de acuerdo con el resultado de determinación deben permanecer conectados.

Tras llevar a cabo la etapa 230 de conversión se retorna a la etapa 110 de formación de grupo, y el bucle 100 de selección se recorre a continuación en un nuevo recorrido de bucle.

En el caso de que en la etapa 130 de prueba de tratamiento especial se constata que la disposición de convertidor no se hace funcionar en el intervalo ZB de tiempo, así en una etapa 310 de lista de clasificación se realiza preferiblemente la formación de una lista L de clasificación de tal modo que los condensadores de funcionamiento unipolar y los condensadores de funcionamiento bipolar con la misma polaridad se tratan igual. Un tratamiento diferente de los condensadores se lleva a cabo preferiblemente solo en cuanto a establecer una diferencia entre condensadores de funcionamiento bipolar realmente y condensadores de funcionamiento bipolar inactivos.

En el caso de que la tensión de circuito parcial actual (o el valor  $U_f$  de tensión ficticio) sobrepase la tensión nominal  $U_{oll}$  de circuito parcial especificada, preferiblemente los condensadores de funcionamiento unipolar conectados y los condensadores de funcionamiento bipolar con la misma polaridad se desconectan antes de que se conecten adicionalmente condensadores de funcionamiento bipolar con polaridad negativa.

En el caso de que la tensión de circuito parcial actual (o el valor  $U_f$  de tensión ficticio) no alcance la tensión nominal de circuito parcial  $U_{oll}$  especificada, preferiblemente los condensadores de funcionamiento bipolar conectados y con polaridad negativa se desconectan, antes de que se conecten adicionalmente condensadores de funcionamiento unipolar y con la misma polaridad condensadores de funcionamiento bipolar.

Tras la selección de los condensadores que van a desconectarse o a conectarse adicionalmente en una etapa 320 de determinación, en una etapa 330 de conversión siguiente se efectúa la desconexión o conexión adicional. A continuación de nuevo se retorna a la etapa de formación de grupo 110, y se recorre de nuevo el bucle de selección 100 a continuación.

#### Lista de referencias

10	disposición de convertidor
20	equipo de control
21	equipo de cálculo
22	memoria
100	bucle de selección
110	etapa de formación de grupo
120	etapa de comparación de tensión
130	etapa de prueba de tratamiento especial
200	ruta de tratamiento especial
210	etapa de lista de clasificación
220	etapa de determinación
230	etapa de conversión
300	ruta de tratamiento normal
310	etapa de lista de clasificación
320	etapa de determinación
330	etapa de conversión
C	condensador
D	diodo
I	corriente
$I_{dc}$	corriente continua
KG	grupo de condensador ficticio
L	lista de clasificación
L1	toma de tensión alterna
L2	toma de tensión alterna
L3	toma de tensión alterna
L+	toma de tensión continua
L-	toma de tensión continua

	M	índice de modulación
	MW	promedio
	R1	circuito en serie
	R2	circuito en serie
5	R3	circuito en serie
	S	conmutadores
	SPM	módulo de programa de control
	SM	módulo interno
	TS	circuito parcial
10	U	tensión
	Uf	valor de tensión ficticio
	Udc	tensión continua en las tomas de tensión continua
	$\hat{U}_L$	valor de cresta de la tensión en las tomas de tensión alterna
	Usoll	tensión nominal de circuito parcial
15	ZB	intervalo de tiempo

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para controlar una disposición (10) de convertidor, que presenta al menos una toma (L1, L2, L3) de tensión alterna, en la que puede alimentarse o extraerse una corriente alterna, y al menos dos tomas (L+, L-) de tensión continua en las que puede alimentarse o extraerse una corriente continua,

5 - en donde la disposición (10) de convertidor comprende al menos un circuito (R1, R2, R3) en serie, cuyas tomas externas forman las tomas (L+, L-) de tensión continua de la disposición (10) de convertidor, el circuito (R1, R2, R3) en serie comprende dos circuitos parciales (TS) conectados en serie cuyo punto de conexión eléctrica forma la o una de las tomas (L1, L2, L3) de tensión alterna de la disposición (10) de convertidor, y los circuitos parciales (TS) en cada caso comprenden al menos dos módulos parciales (SM) conectados en serie  
10 que presentan en cada caso al menos dos conmutadores y un condensador (C), y  
- en donde en el procedimiento el control de los módulos parciales (SM) y con ello la conexión o desconexión de los condensadores respectivos (C) de los módulos parciales (SM) se realiza al menos también dependiendo de la tensión de condensador del condensador respectivo (C),

15 caracterizado porque

- en al menos uno de los circuitos parciales (TS) se hace funcionar al menos un condensador (C) exclusivamente de forma unipolar y se hace funcionar al menos un condensador (C) de forma bipolar,  
- en donde en un intervalo (ZB) de tiempo, en el que el promedio temporal (MW) de la corriente (I) a través del circuito parcial (TS) presenta otro signo diferente a la corriente actual (I) en cada caso a través del circuito parcial (TS), el o los condensadores (C) de funcionamiento unipolar se prefieren frente al o los condensadores (C) de funcionamiento bipolar, concretamente preferiblemente se conectan o preferiblemente permanecen conectados.

25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el control del circuito parcial (TS) se realiza en un bucle (100) de selección, que se recorre repetidamente, en donde en el bucle (100) de selección, en particular en una etapa (120) de comparación de tensión del bucle (100) de selección, se determina si para el ajuste de una tensión nominal (Usoll) de circuito parcial especificada deben conectarse adicionalmente o desconectarse condensadores (C).

3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque

30 - en el bucle (100) de selección, en particular en una etapa (130) de prueba de tratamiento especial del bucle (100) de selección, se prueba si el bucle (100) de selección se atraviesa en el intervalo (ZB) de tiempo mencionado –es decir en el intervalo (ZB) de tiempo, en el que el promedio temporal (MW) de la corriente (I) a través del circuito parcial (TS) presenta otro signo diferente a la corriente actual en cada caso a través del circuito parcial (TS)–, y  
- si este es el caso los condensadores (C) de funcionamiento unipolar se prefieren frente a los condensadores (C) de funcionamiento bipolar en el bucle (100) de selección, en concreto en particular preferiblemente se conectan o preferiblemente permanecen conectados, y  
35 - en caso contrario los condensadores (C) de funcionamiento unipolar y los condensadores (C) de funcionamiento bipolar que se hacen funcionar con la misma polaridad que los condensadores (C) de funcionamiento unipolar, se tratan igual en el bucle (100) de selección, en particular se conectan, permanecen conectados o se desconectan únicamente en cuanto a sus tensiones de condensador.

4. Procedimiento según la reivindicación 2 o 3, caracterizado porque en el bucle (100) de selección

45 - inicialmente, en particular en una etapa (210) de lista de clasificación del bucle (100) de selección, se crea una lista (L) de clasificación con una priorización de los condensadores (C),  
- en una etapa de determinación mediante la priorización en la lista (L) de clasificación se determinan los condensadores (C) que van a desconectarse o a conectarse adicionalmente para alcanzar la tensión nominal (Usoll) de circuito parcial especificada y  
- la desconexión o conexión adicional de los condensadores (C) se realiza de acuerdo con el resultado de determinación de la etapa de determinación.

50 5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque

- en el caso de que en el intervalo (ZB) de tiempo mencionado la tensión de circuito parcial actual sobrepase la tensión nominal (Usoll) de circuito parcial especificada, en la lista (L) de clasificación se incluyen todos los condensadores (C) de funcionamiento bipolar conectados como condensadores (C) que van a desconectarse con mayor prioridad que los condensadores (C) de funcionamiento unipolar conectados,  
55 - en donde en la lista (L) de clasificación el orden de los condensadores (C) de funcionamiento bipolar entre sí se clasifica de acuerdo con su tensión de condensador y el orden de los condensadores (C) de funcionamiento unipolar entre sí igualmente de acuerdo con su tensión de condensador y  
- la selección definitiva de los condensadores (C) que van a desconectarse se realiza de acuerdo con el orden en la lista (L) de clasificación –es decir comenzando con los condensadores (C) de funcionamiento bipolar y

solo a continuación con los condensadores (C) de funcionamiento unipolar-, hasta que la suma de las tensiones de condensador del resto de los condensadores (C) corresponda a la tensión nominal (Usoll) de circuito parcial especificada, o al menos corresponda hasta un error residual especificado, o no lo alcance.

6. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5, caracterizado porque

- 5 - en el caso de que en el intervalo (ZB) de tiempo mencionado la tensión de circuito parcial actual no alcance la tensión nominal (Usoll) de circuito parcial especificada, en la lista (L) de clasificación se incluyen todos los condensadores (C) de funcionamiento unipolar desconectados como condensadores (C) que van a conectarse con mayor prioridad que los condensadores (C) de funcionamiento bipolar desconectados,
- 10 - en donde el orden de los condensadores (C) de funcionamiento unipolar entre sí se clasifica de acuerdo con su tensión de condensador y el orden de los condensadores (C) de funcionamiento bipolar entre sí igualmente de acuerdo con su tensión de condensador y
- 15 - la selección definitiva de los condensadores (C) que van a conectarse se realiza de acuerdo con el orden en la lista (L) de clasificación, -es decir comenzando con los condensadores (C) de funcionamiento unipolar y solo a continuación con los condensadores (C) de funcionamiento bipolar-, hasta que la suma de las tensiones de condensador de los condensadores (C) seleccionados corresponda a la tensión nominal (Usoll) de circuito parcial especificada, o corresponda hasta al menos un error residual especificado, o lo sobrepase.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores 4 a 6, caracterizado porque

- 20 - la selección de los condensadores (C) de funcionamiento bipolar que van a desconectarse se realiza de acuerdo con sus tensiones de condensador, en donde se fija la dirección de selección, es decir si se seleccionan primeramente condensadores (C) bipolares con tensión de condensador mayor con respecto a los de tensión de condensador menor, dependiendo de la dirección de flujo de potencia de la disposición (10) de convertidor, dependiendo de la dirección de corriente a través del circuito parcial (TS) y dependiendo de si la tensión de circuito parcial actual sobrepasa o no alcanza la tensión nominal (Usoll) de circuito parcial especificada, y
- 25 - la selección de los condensadores (C) de funcionamiento unipolar que van a desconectarse se realiza de acuerdo con sus tensiones de condensador, en donde se fija la dirección de selección, es decir si primeramente se seleccionan condensadores (C) unipolares con tensión de condensador mayor con respecto a los de tensión de condensador menor, dependiendo de la dirección de flujo de potencia de la disposición (10) de convertidor, dependiendo de la dirección de corriente a través del circuito parcial (TS) y dependiendo de si la tensión de circuito parcial actual sobrepasa o no alcanza la tensión nominal (Usoll) de circuito parcial especificada.
- 30

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores 2 a 7, caracterizado porque

- 35 - en el bucle (100) de selección, en particular en una etapa (110) de formación de grupo del bucle (100) de selección se forma un grupo (KG) de condensador ficticio que se compone de los condensadores (C) de funcionamiento unipolar y bipolar conectados, así como de un número máximo especificado de manera fija de condensadores (C) de funcionamiento unipolar que van a seleccionarse, pero todavía desconectados, y
- las tensiones de condensador del grupo (KG) de condensador ficticio, en particular en una etapa (120) de comparación de tensión del bucle (100) de selección se añaden formando un valor (Uf) de tensión ficticio.

40 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque

- el valor (Uf) de tensión ficticio se considera como tensión de circuito parcial actual y se utiliza como la tensión de circuito parcial actual para la comparación con la tensión nominal (Usoll) de circuito parcial, en particular en cuanto a las etapas de procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 5 a 7,
- 45 - se crea la lista (L) de clasificación para el grupo (KG) de condensador ficticio y
- la selección definitiva de los condensadores (C) que van a desconectarse se realiza de acuerdo con el orden en la lista (L) de clasificación, hasta que la suma de las tensiones de condensador corresponda al resto de los condensadores (C) de la tensión nominal (Usoll) de circuito parcial especificada, o al menos se corresponda hasta un error residual especificado, o no lo alcance.

50 10. Procedimiento según la reivindicación 8 o 9, caracterizado porque la selección de los condensadores (C) de funcionamiento unipolar que van a seleccionarse, pero todavía desconectados, del grupo global de los condensadores (C) de funcionamiento unipolar desconectados se realiza de acuerdo con sus tensiones de condensador.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado porque el grupo (KG) de condensador ficticio se forma con aquellos condensadores (C) unipolares desconectados, que

- 55 - en el caso de una dirección de flujo de potencia de la disposición (10) de convertidor en la dirección de las tomas (L+, L-) de tensión continua presentan las tensiones de condensador más pequeñas y
- en el caso de una dirección de flujo de potencia de la disposición (10) de convertidor en la dirección de la o de las tomas (L1, L2, L3) de tensión alterna presentan las tensiones de condensador mayores.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores 4 a 11, caracterizado porque
- en el bucle (100) de selección, en particular en una etapa (110) de formación de grupo del bucle (100) de selección, se forma un grupo (KG) de condensador ficticio, que se compone de los condensadores (C) de funcionamiento unipolar y bipolar físicamente conectados, así como un número máximo especificado de condensadores (C) de funcionamiento unipolar seleccionados, pero físicamente todavía desconectados, y
  - en la creación de la lista (L) de clasificación se incluyen todos los condensadores (C) del grupo (KG) de condensador ficticio en la lista (L) de clasificación,
  - en donde los condensadores (C) de funcionamiento unipolar seleccionados pero físicamente todavía desconectados en la lista (L) de clasificación se tratan como condensadores (C) de funcionamiento unipolar conectados, es decir se tratan igual que los condensadores (C) de funcionamiento unipolar físicamente conectados.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores 4 a 12, caracterizado porque en el bucle (100) de selección
- en una etapa (220) de determinación mediante la clasificación de la lista (L) de clasificación se determinan los condensadores (C) que van a desconectarse o conectarse adicionalmente para alcanzar la tensión nominal de circuito parcial especificada ( $U_{\text{sol}}$ ) y
  - en una etapa (230) de conversión la desconexión o conexión adicional de los condensadores (C) se realiza de acuerdo con el resultado de determinación de la etapa de determinación,
  - en donde los condensadores (C) de funcionamiento unipolar seleccionados, pero físicamente todavía desconectados permanecen desconectados si de acuerdo con el resultado de determinación tuvieran que desconectarse y se conectan si de acuerdo con el resultado de determinación deben permanecer conectados.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores 3 a 12, caracterizado porque los condensadores (C) de funcionamiento unipolar se hacen funcionar con la misma polaridad.
15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el circuito parcial (TS) se hace funcionar con un índice (M) de modulación mayor de uno.
16. Disposición (10) de convertidor que presenta al menos una toma (L1, L2, L3) de tensión alterna en la que puede alimentarse o extraerse una corriente alterna, y al menos dos tomas (L+, L-) de tensión continua en la que una corriente continua puede alimentarse o extraerse,
- en donde la disposición (10) de convertidor comprende al menos un circuito (R1, R2, R3) en serie, cuyas tomas externas forman las tomas (L+, L-) de tensión continua de la disposición (10) de convertidor, el circuito (R1, R2, R3) en serie comprende dos circuitos parciales (TS) conectados en serie cuyo punto de conexión eléctrica forman la o una de las tomas (L1, L2, L3) de tensión alterna de la disposición (10) de convertidor, y los circuitos parciales (TS) comprenden en cada caso al menos dos módulos parciales (SM) conectados en serie que presentan en cada caso al menos dos conmutadores y un condensador (C), y
  - en donde la disposición (10) de convertidor presenta un equipo (20) de control para controlar los módulos parciales (SM),
- caracterizado porque el equipo (20) de control está diseñado de tal modo que puede controlar los módulos parciales (SM) de acuerdo con un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

FIG 1

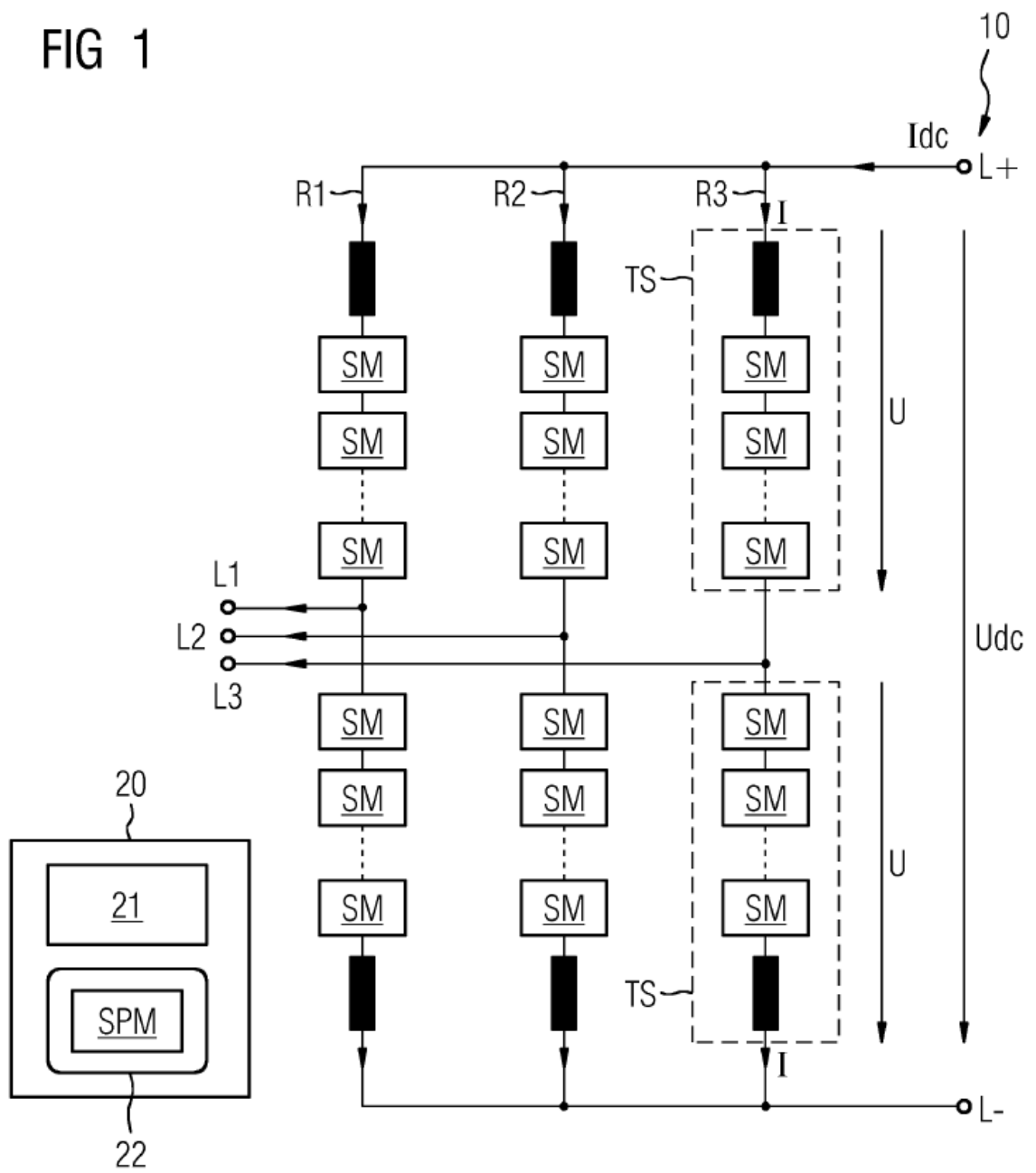


FIG 2

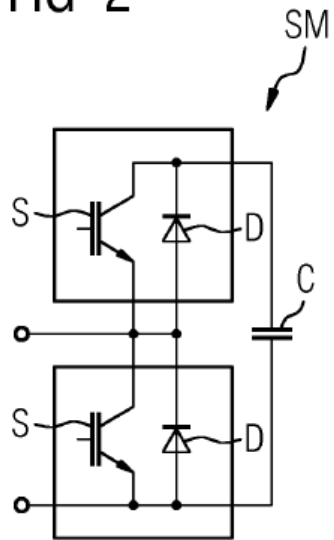


FIG 3

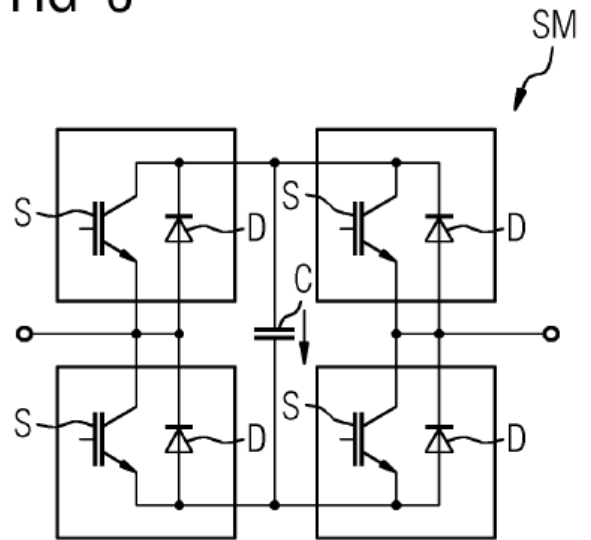


FIG 4

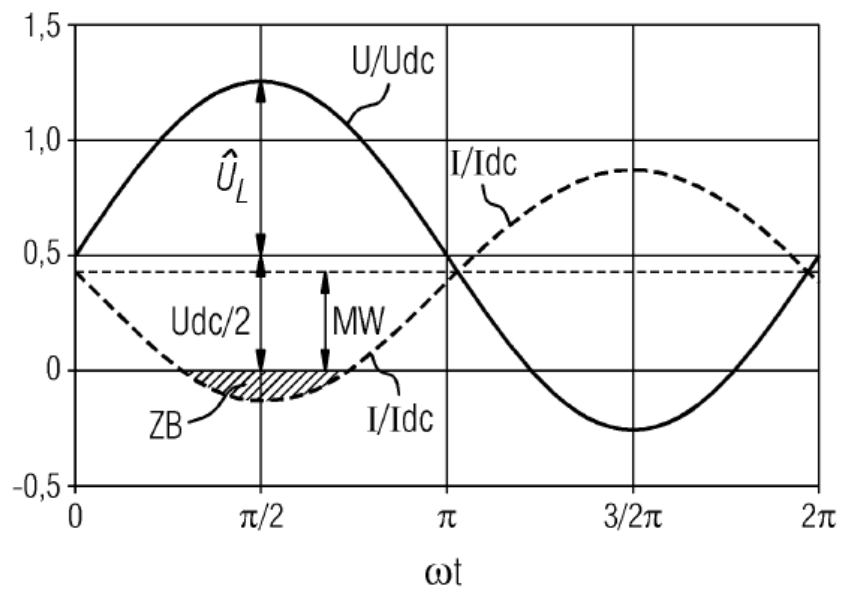


FIG 5

